

鹿島建設技術研究所 正員 正 村 芳 久
 〃 正員 村 山 八洲雄
 〃 正員 三 材 長 二 郎

1. はじめに R C 橋脚の耐震設計の観点から、R C 橋脚の地震時復元力特性の評価が重要な課題になっており、これに着目した実験研究が種々行なわれている。その大部分は静的加力実験によるものであつて、地震時の動荷重の影響については、まだ研究例が少なく必ずしも明確でない。

そこで、本研究では R C 柱の基本的な模型部材について、振動台及び電磁油圧式動的ジャッキによる加力試験を行ない、非線形復元力特性に及ぼす載荷速度の影響を調べた。

2. 試験方法 シアースパン比が 5.7 の逆 T 型試験体を用い (図-1 参照)、7 種類の試験を行なった (表-1 参照)。このうち振動台試験では柱頭部に回転が自由の円形重錘板 (重さ 4 ton) を取付けて慣性力を与えた。動的ジャッキの試験では、各載荷レベルでの載荷回数を 10 回づつに設定し、また各試験体間の相違に留意して載荷回数的前半と後半で、載荷速度の組み合わせを変えるようにした (表-2 参照)。

ここで、振動台及び動的ジャッキ試験の振動方程式は、柱部自重が小さく、柱頭部等価 1 質点系で表わすと、それぞれ (1) 式及び (2) 式となる。

$$-M(\ddot{Z} + \ddot{X}) = k \left\{ 1 + i \left(\frac{C}{k} \dot{w} + \beta \right) \right\} X \quad \text{---- (1)}$$

$$P - m\ddot{X} = k \left\{ 1 + i \left(\frac{C}{k} \dot{w} + \beta \right) \right\} X \quad \text{---- (2)}$$

ここで、 $M(\ddot{Z} + \ddot{X})$ は柱頭慣性力、 P はジャッキ荷重、 $m\ddot{X}$ はジャッキ加力部および柱部の等価慣性力、 k は柱部剛性、 $\left(\frac{C}{k} \dot{w} + \beta \right) \equiv \alpha$ は粘性減衰と履歴減衰を含めた損失係数、 X は柱頭部相対変位である。即ち両式の左辺を測定することによって両試験は同等に扱える。

一方、相似則については、載荷速度が関係する粘性減衰効果に注目するため、試験体のひずみレベルとひずみ速度を実橋と同じにすると、これは変位を幾何学的縮尺に対応させ、時間軸を同じにすることになる。すなわち試験体での載荷速度としては、幾何学的縮尺に対応した値であり、縮尺を戻した値が実橋での載荷速度となる。

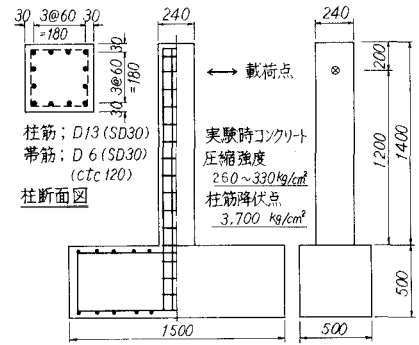


図-1 試験体の形状寸法、配筋

表-1 試験体の種類

試験体 No.	軸力	加力法	制御	入力加速度、速度
1	7kg/cm²	振動台	地震波入力	開北橋 Tr. max, 900, 2500 gal
2			SIN 波入力	1.8 Hz 400~700 gal 2.2 Hz 800, 1100 gal
3				20 (-0.2) kline
4		動的ジャッキ	SIN 変位	0.2 (-20) kline
5				0.02 (-20) kline
6				0.008 ~ 0.002 (-20) kline
7	7kg/cm²			0.2 kline

表-2 載荷パターン (No.3 試験の例)

変位振幅 cm	速度振幅 kline (繰返し回数)
0.2	10 → 0.2 (5) (5)
0.5	16 (5) (5)
0.75	20 (5) (5)
0.5	2.0 → 0.2 → 0.02 → 16 (5) (5) (5) (5)
0.75	2.0 → 0.2 → 0.02 → 20 (5) (5) (5) (5)
1.0	2.0 → 0.2 (5) (5)
2.0	2.0 → 0.2 (5) (5)
3.0	2.0 → 0.2 (5) (5)
4.0	2.0 → 0.2 (5) (5)
5.0	2.0 (5)

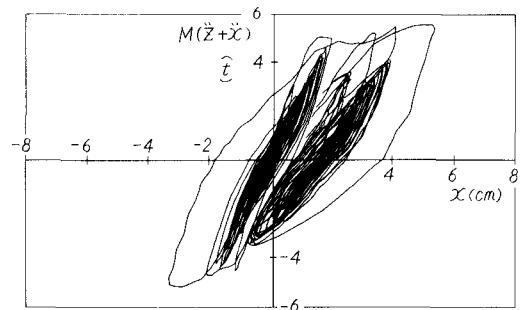


図-2 No.1 試験 (振動台・地震波) $P \sim \delta$ 曲線

3. 試験結果 No.1 試験では、固有振動数がひびわれ前で 6.5 Hz、ひびわれ後の鉄筋降伏程度で 3.7 Hz、最大荷重程度で 3.0 Hz のように変化した。この試験体はトップヘビーなので、地震波入力でも応答は、これら固有振動数に相当する振動数成分が卓越し、載荷回数、載荷速度、載荷履歴などは入力波に対する応答に応じたものであるが、慣性力～変形の関係には明瞭な包絡線が現われており、紡錘型のヒステリシスループが形成されている（図-2 参照）。

No.2 試験では、上述の応答が Sin 波状であるので、Sin 波定常入力により、載荷回数を限定して加振すると、鉄筋降伏程度では相対変位が約 1 cm で載荷速度振幅は 11~14 line であった。しかし、最大荷重程度の応答では部材の劣化に伴い、載荷回数ごとに相対変位が伸びてしまった（図-3 参照）。ただし慣性力～変形の包絡線は、上述の地震波入力の場合と同様であり、復元力特性を調べるのに Sin 波加振が有用である。

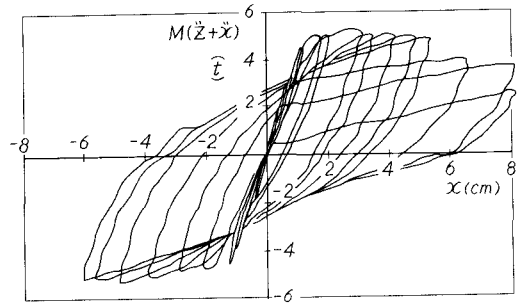


図-3 No.2 試験(振動台・Sin波) P-δ 曲線

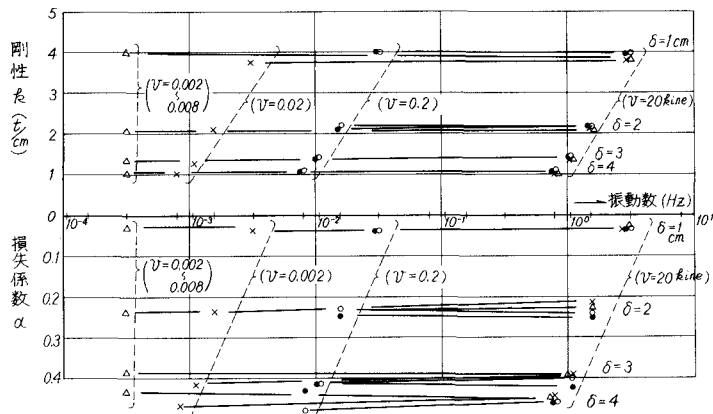


図-4 No.3~No.6 試験での剛性と減衰係数 ○: No.3, ×: No.4, * : No.5, △: No.6

No.3~No.6 試験では、柱頭部に動的ジャッキを取付け、軸力は除いて、変位制御で載荷回数を限定しながら、載荷速度を種々変化した。その結果は、非線形剛性を荷重～変形の包絡線の割線勾配で、また減衰効果は (2) 式の α で表した（図-4 参照）。ここで、剛性については、一つの試験体で載荷速度の変わる載荷回数 5 回目と 6 回目の結果を、種々の試験体について示したが、載荷速度の影響は見受けられない。また減衰については、(2) 式の α をヒステリシスループの面積から求めて整理すると、やはり載荷速度の影響は見受けられず、さらには (2) 式を展開し $\dot{x}_{max}$ 点での $\alpha = \frac{(P)x=0}{k \cdot x_{max}}$ として求めても殆んど変りなかった。すなわち剛性は処女載荷と繰り返し載荷後で違いはあっても、載荷速度より塑性率の方に影響され、また減衰効果も塑性率に依存していることが分かった（図-5 参照）。

No.7 試験では、軸力を作用させ、載荷速度を一種類の 0.2 line とすると、荷重～変形の包絡線は（図-6 参照）、振動台加振による No.2 試験でのものと比べて、最大荷重程度までは同様であり、それ以降は載荷回数の影響で劣化していき、塑性率としては減少する。

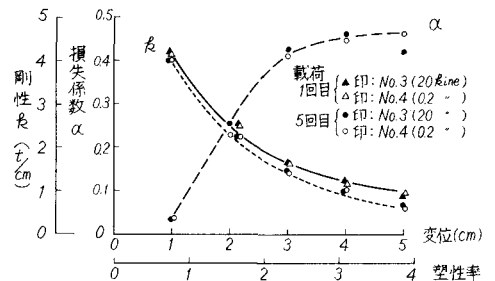


図-5 塑性率に対する剛性と減衰係数の変化

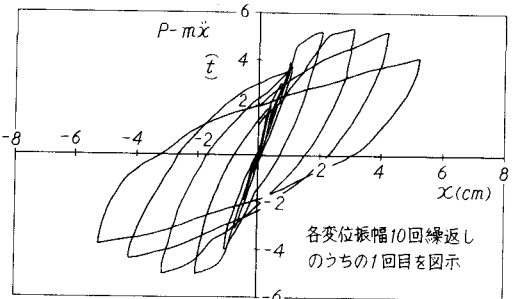


図-6 No.7 試験(動的ジャッキ・Sin) P-δ 曲線

4. まとめ 柱脚部の鉄筋の抜け出しが伴う RC 曲げ柱について、基本的な模型部材で剛性や減衰性状を調べると、載荷速度の影響は見受けられず、静的加力試験の結果で有効とみられる。